



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 199 03 721 C 1**

⑮ Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/14

⑯ Aktenzeichen: 199 03 721.3-26
⑯ Anmeldetag: 30. 1. 1999
⑯ Offenlegungstag: -
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 13. 7. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:
Weining, Hans-Karl, Dipl.-Ing., 73730 Esslingen, DE;
Wollenhaupt, Gottfried, Dipl.-Ing., 70378 Stuttgart,
DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 35 00 594 C2
DE 43 10 145 A1
DE 36 33 671 A1
DE 36 20 775 A1

⑯ Betriebsverfahren für eine Brennkraftmaschine mit Lambdawertregelung und Brennkraftmaschine

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zylinderselektiven Regelung eines in einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches, bei dem die Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen getrennt sensiert und geregelt werden, sowie eine mehrzylindige Brennkraftmaschine, die sich zur Durchführung des Verfahrens eignet.
Erfindungsgemäß werden die Lambdawerte der einzelnen Zylinder oder Zylindergruppen unter Verwendung eines integrierenden I-Regelungsanteils mit variabler Integratorsteigung und/oder eines differenzierenden D-Regelungsanteils gleichzeitig auf unterschiedliche Sollwerte geregelt.
Verwendung z.B. in Kraftfahrzeugen.

Beschreibung

Die Erfinbung betrifft ein Verfahren zur zylinderselektiven Regelung eines in einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches, bei dem die Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen getrennt sensiert und geregelt werden, sowie eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine, die sich zur Durchführung des Betriebsverfahrens eignet.

In der DE 36 20 775 A1 ist eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine beschrieben, bei der sich eine Lambdasonde in einem Abgaskanal befindet, durch den Abgase aus allen Zylindern gemeinsam abgeleitet werden. Die Meßwerte der Lambdasonde werden mittels einer Selektiereinheit zylinderselektiv ausgewertet, d. h. den Zylindern der Brennkraftmaschine einzeln zugeordnet. Damit kann auf die Zusammensetzung des im jeweiligen Arbeitstakt in jedem Zylinder verbrannten Luft-Kraftstoff-Gemisches geschlossen werden. Weiter sind den Zylindern Regelstufen zugeordnet, mit denen für jeden Zylinder einzeln die Zusammensetzung des Luft-Kraftstoff-Gemisches auf einen gemeinsamen, vorgegebenen Sollwert geregelt wird.

Aus der DE 36 33 671 A1 ist ein Verfahren zur Kraftstoffeinspritzung bekannt, bei dem das Ausgangssignal einer in einem Abgaskanal angeordneten Abgassonde sequentiell ausgewertet wird. Der jeweils während eines Zeitabschnitts auftretende Wert des Abgassondensignals wird dann zur Regelung einer Einspritzmenge bei demjenigen Einspritzventil herangezogen, das dem Zylinder zugeordnet ist, dessen Abgasen die Abgassonde im jeweiligen Zeitabschnitt ausgesetzt ist. Die Regelung erfolgt so, daß sich für die einzelnen Zylinder eine möglichst gleichmäßige Kraftstoffzumessung ergibt.

Die DE 43 10 145 A1 offenbart eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine, in der aufgrund von Meßwerten wenigstens einer Lambdasonde, die sich in einem gemeinsamen Abgaskanal der Zylinder befindet, eine Korrektur der Kraftstoffeinspritzmenge beim Gemischbildungsvorgang erfolgt. Dabei ist vorgesehen, im Leerlauf- oder Teillastbetrieb einer Zylindergruppe ein mageres und einer anderen Zylindergruppe ein fettes Luft-Kraftstoff-Gemisch zuzuführen. Dies hat zum Ziel, einen sich im Abgaskanal befindlichen Katalysator durch in ihm stattfindende exotherme Nachreaktionen schnell auf Betriebstemperatur zu erwärmen.

Aufgabe der Erfinbung ist es, ein Verfahren zur zylinderselektiven Regelung eines in einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches der eingangs genannten Art bereitzustellen und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Brennkraftmaschine zu schaffen, die es ermöglichen, die Brennkraftmaschine mit vergleichsweise genau kontrollierter und einstellbarer Abgaszusammensetzung zu betreiben.

Diese Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren für eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1 bzw. eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 6 gelöst. Bei dem Betriebsverfahren gemäß Anspruch 1 werden die Lambdawerte der einzelnen Zylinder oder Zylindergruppen unter Verwendung eines integrierenden I-Regelungsanteils mit variabler Integratorsteigung und/oder eines differenzierenden D-Regelungsanteils gleichzeitig auf unterschiedliche Sollwerte geregelt. In einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 6 sind eine Regeleinrichtung mit mehreren parallelen Reglereinheiten zur getrennten Regelung der Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen durch entsprechende Ansteuerung einer in einem jeden Zylinder zugeordneten Gemischbildungsvorrichtung und eine oder mehrere

Lambda-Sonden zur Sensierung der Lambdawerte für die verschiedenen Zylinder oder Zylindergruppen vorgesehen, wobei die Reglereinheiten zur gleichzeitigen Einregelung unterschiedlicher Lambda-Sollwerte für die verschiedenen

5 Zylinder oder Zylindergruppen eingerichtet sind und eine I-Reglerkomponente mit variabler Integratorsteigung und/oder eine D-Reglerkomponente aufweisen.

Auf diese Weise kann das Luft-Kraftstoff-Verhältnis für jeden Zylinder bzw. jede Zylindergruppe einzeln auf einen 10 beliebig individuell und zeitlich bei Bedarf rasch wechselnden Lambdasollwert eingeregelt werden, ohne daß hohe Regelamplituden auftreten. Die thermische Belastung eines im Abgasleitungssystem angeordneten Katalysators kann dadurch kontrolliert eingestellt und gegebenenfalls herabgesetzt werden. Mit geringen Regelamplituden läßt sich im Katalysator die Menge zeitlich aufeinanderfolgender fetter und magerer Abgasemissionen kontrolliert einstellen. Diese Abgasemissionen können dort bei Bedarf exotherme Reaktionen und damit ein Aufheizen des Katalysators bewirken.

15 20 In Weiterbildung des Verfahrens zur zylinderselektiven Regelung eines zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches gemäß Anspruch 2 werden in entsprechenden Fett/Mager-Spreizbetriebsphasen die Lambdasollwerte für einen ersten Teil der Zylinder im fetten Bereich und für den restlichen, zweiten Teil der Zylinder im mageren Bereich gewählt und der Abstand zwischen den beiden Lambda-Sollwerten motorbetriebsabhängig variiert.

25 In Weiterbildung des Verfahrens gemäß Anspruch 3 wird in entsprechenden Betriebsphasen der Lambda-Sollwert für einzelne Zylinder oder für mehrere zu einer Gruppe zusammengefaßte Zylinder von Arbeitsspiel zu Arbeitsspiel wechselnd im fetten und mageren Bereich gewählt. Auf diese Weise wird ein Verfahren geschaffen, bei dem die Regelparameter einfach zu justieren sind, und ein laufruhiger Betrieb der Brennkraftmaschine ermöglicht.

30 35 In Weiterbildung des Verfahrens gemäß Anspruch 4 wird der Lambdawert eines jeweiligen Zylinders oder einer jeweiligen Zylindergruppe mit einer Proportional-Lambdasonde gemessen und die Integratorsteigung einer zugehörigen Lambdawert-Reglereinheit mit I-Reglerkomponente in Abhängigkeit von der Regelabweichung des gemessenen Lambdawertes vom zugehörigen Sollwert variabel eingestellt. Auf diese Weise wird die Flexibilität des Regelverfahrens mit dem Ziel einer optimalen Abgaszusammensetzung im Katalysator weiter verbessert.

40 45 In Weiterbildung des Verfahrens gemäß Anspruch 5 beinhaltet die Regelung des jeweiligen Lambdawertes ein Einstellen der Gemischzusammensetzung für ein jeweils nächstes Arbeitsspiel des betreffenden Zylinders oder der betreffenden Zylindergruppe in Abhängigkeit von dem im vorangegangenen Arbeitsspiel gemessenen Lambdawert. Auf diese Weise wird ein Einzelverbrennungs-Regelverfahren geschaffen, das schnell auf sich ändernde Betriebsparameter der Brennkraftmaschine zu reagieren vermag.

50 55 Eine gemäß Anspruch 7 weitergebildete mehrzylindrige Brennkraftmaschine enthält eine als Proportionalmeßsonde ausgebildete Lambdasonde, und die jeweilige Reglereinheit weist eine I-Reglerkomponente mit in Abhängigkeit von der zugehörigen Lambdawert-Regelabweichung variabel einstellbarer Integratorsteigung auf. Die proportional messende Lambdasonde, die ein im Prinzip, wenngleich nicht unbedingt mathematisch genau lineares Meßverhalten besitzt, erlaubt die Einstellung von gezielt vom stöchiometrischen Wert eins abweichenden Lambdasollwerten. Eine variable Integratorsteigung erlaubt ein rasches Abbauen aufgetretener Regelabweichungen. Auf diese Weise wird eine hohe Flexibilität der Regeleinrichtung für die mehrzylindrige Brennkraftmaschine erzielt, bei der eine sehr präzise Einzel-

verbrennungsregelung jedes Zylinders oder jeder Zylindergruppe möglich ist.

Vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer mehrzyklindrigen Brennkraftmaschine mit Lambdawert-Regeleinrichtung und Katalysator,

Fig. 2 und **3** Diagramme zur Erläuterung spezieller Lambdawert-Regelungen bei der in **Fig. 1** dargestellten Brennkraftmaschine,

Fig. 4 ein Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer mehrzyklindrigen Brennkraftmaschine mit Lambdawert-Regeleinrichtung und

Fig. 5 und **6** Diagramme zur Erläuterung der Arbeitsweise der in **Fig. 4** dargestellten Brennkraftmaschine.

Die in **Fig. 1** dargestellte Brennkraftmaschine **1** ist als Viertaktzyldermaschine ausgebildet und weist einen Motorblock **2** auf, in dessen Zylindern I, II, III und IV Kraftstoff mittels einer Einspritzvorrichtung **3** als Gemischbildungsvorrichtung eingespritzt wird und dort zusammen mit angesaugter Frischluft aus einem Ansaugtrakt **4** zur Erzeugung von Antriebsenergie verbrannt wird. Die dabei entstehenden Verbrennungsabgase werden in einem Katalysator **5** gereinigt und an die Umwelt abgegeben. In einer Abgasleitung **6** zwischen dem Motorblock **2** und dem Katalysator **5** ist eine als Linear- bzw. Proportionalmeßsonde ausgebildete Lambdasonde **7** angeordnet, mit welcher der Sauerstoffgehalt des Verbrennungsabgases und damit die Abgaszusammensetzung gemessen wird. Das Ausgangssignal der Lambdasonde **7** wird einer Regeleinrichtung **8** zugeführt, die anhand der gemessenen Abgaszusammensetzung unter Berücksichtigung von Motorbetriebsparametern die Einspritzvorrichtung **3** zylinderselektiv ansteuert, wobei die Zusammensetzung des zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches für jeden Zylinder einzeln festgelegt werden kann.

Dazu weist die Regeleinrichtung **8** eine Sonden-Auswerteeinheit **9** auf, in der eine zeitaufgelöste Auswertung des Abgassondensignals erfolgt. Dadurch wird ein zylinderselektiver Lambdawert für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine **1** ermittelt. Jedem Zylinder der Brennkraftmaschine **1** ist in der Regeleinrichtung **8** eine Reglereinheit **10**, **11**, **12** und **13** zugeordnet, die im Zusammenwirken mit einem einen ihr zugeführten Luftmassenwert berücksichtigenden Einzelzylinder-Vorsteuergerät **14** für den zugehörigen Zylinder den jeweiligen Einspritzvorgang mittels der Einspritzvorrichtung **3** festlegt. Weiter enthält die Regeleinrichtung **8** eine Sollwertvorgabeeinheit **15**, welche Sollwerte individuell für die Reglereinheiten **10**, **11**, **12** und **13** der Regeleinrichtung **8** vorgibt und der eine Führungseinheit **16** vorgeschaltet ist. Die Führungseinheit **16** steuert die Sollwertvorgabeeinheit **15** aufgrund von erfassten Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine **1**, wie beispielsweise der Temperatur des Katalysators **5**. Alternativ oder in Kombination damit ist es auch möglich, die Sollwertvorgabeeinheit **15** mittels einer Führungseinheit zu steuern, der ein Kennfeld eingeprägt ist und der die Drehzahl der Brennkraftmaschine **1** und/oder deren Antriebslast zugeführt wird. In der Sollwertvorgabeeinheit **15** erfolgt dann eine Berechnung des Sollwertes für den Lambdawert eines jeden einzelnen Zylinders der Brennkraftmaschine auf der Grundlage von erfassten Meßwerten der Lambdasonde **7**. Dabei werden auch hier Betriebsparameter der Brennkraftmaschine **1**, wie etwa die Drehzahl, das Antriebswellendrehmoment oder die Kühlwassertemperatur berücksichtigt. Die Reglereinheiten **10**, **11**, **12** und **13** sind als PI- oder alternativ als PID-Regler ausgebildet. Die Parametrisierung der Reglereinheiten **10**, **11**, **12** und **13** erfolgt mittels einer Parametervorgabeeinheit **17**,

welche die Parameter für die Reglereinheiten **10**, **11**, **12** und **13**, wie beispielsweise Proportionalbeiwert, Nachstellzeit und Vorhaltzeit, aufgrund eines Kennfeldes unter Berücksichtigung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine **1** festlegt.

Mit einer solchen Regeleinrichtung lässt sich eine resultierende Abgaszusammensetzung erzielen, die einem umweltfreundlichen Betrieb der Brennkraftmaschine förderlich ist. Beispielsweise ist es möglich, dem Katalysator **5** gezielt Abgase zuzuführen, die aus einer Verbrennung von gleichzeitig eingeregelten fetten und mageren Zylinderfüllungen hervorgehen. Im Katalysator **5** hat das Vermengen von fetten und mageren Abgasgemischen exotherme Nachreaktionen zur Folge. Dies hebt die Temperatur des Katalysators **5** an, und er kann auf diese Weise in für seinen Betrieb günstigen Temperaturbereichen gefahren werden. Dies ermöglicht z. B., daß der Katalysator **5** auch unmittelbar nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine **1** umweltfreundlich betrieben werden kann. Umgekehrt kann durch Einschränken der Regelamplitude das Ausbilden von Nachreaktionen im Katalysator **5** gehemmt werden, was wiederum ein Absenken der Katalysatortemperatur ermöglicht.

Die **Fig. 2** erläutert in einem x-y-Diagramm einen möglichen zeitlichen Verlauf für die nach Zylindern aufgeteilte Abgaszusammensetzung, wie er mit einer in **Fig. 1** dargestellten Brennkraftmaschine **1** im Beispielfall einer stetigen Regelung erzielt werden kann. Auf der y-Achse ist der mittels der Lambdasonde **7** erfaßte Lambdawert als ein Maß für die Abgaszusammensetzung aufgetragen, die x-Achse bildet die Zeitachse. Ein Einspritzvorgang für den jeweiligen Zylinder I, II, III und IV aus **Fig. 1** ist mittels römischer Ziffern **i** bis **iv** kenntlich gemacht. Für die Zylinder I, II, III und IV ist die Gemischzusammensetzung des zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches auf unterschiedliche Sollwerte geregelt: Für den Zylinder I wird die Gemischzusammensetzung im fetten Bereich variiert, die Gemischzusammensetzung für den Zylinder II wird im fetten Bereich konstant gehalten, die Gemischzusammensetzung für den Zylinder III ist auf einen konstanten, mageren Wert eingestellt, und die Gemischzusammensetzung für den Zylinder IV wird im mageren Bereich auf variierte Sollwerte geregelt.

Die sinusförmig verlaufende Kurve **21** stellt die mittels der Lambdasonde **7** sensierte Abgaszusammensetzung für den Zylinder I dar. Die sinusförmig verlaufende Kurve **22** bildet die ebenfalls mittels der Lambdasonde **7** erfaßte Abgaszusammensetzung für den Zylinder IV ab. Die gestrichelten Linien **23** und **24** stellen den Mittelwert für die Abgaszusammensetzung aus den Zylindern II bzw. III dar. Die Kurven **25** und **26** entsprechen dem zeitlichen Verlauf der Stellgrößen für die den Zylindern I bzw. III zugeordneten Reglereinheiten. Die Steigung der Kurven **25** und **26** wird durch den Integratorsteigungswert des I-Anteils der zugehörigen Reglereinheiten bestimmt. Die einzelnen Abgaszusammensetzungen der Zylinder I, II, III und IV liegen dabei beispielhaft in einem Lambdawertbereich zwischen $\lambda = 0,985$ und $\lambda = 1,015$. Mittels der Kurve **27** ist zum Vergleich der zeitliche Verlauf einer Stellgröße für die Gemischzusammensetzung aller Zylinder eines Motors dargestellt, die bei einer herkömmlichen Regelung ohne zylinderselektive Auswertung erhalten wird. Die Kurve **28** zeigt die in einem solchen Fall von der Lambdasonde sensierte Abgaszusammensetzung. Erkennbar treten gegenüber der Regelstrategie mit zylinderselektiver Auswertung des Lambdasondensignals deutlich größere Amplitudenschwankungen der Abgaszusammensetzung bei der herkömmlichen Regelung auf, wodurch sich auch höhere Nachreaktionstemperaturen im Katalysator ergeben.

Die **Fig. 3** erläutert eine weitere, bei der in der **Fig. 1** dar-

gestellten Brennkraftmaschine anwendbare Regelstrategie, deren Grundlage eine Variation der Integratorsteigung des I-Regleranteils ist. In **Fig. 3** ist durch die Kurven **31**, **32** und **33** der Verlauf des Lambdawertes der von einer jeweiligen Reglereinheit eingestellten Gemischzusammensetzung bei unterschiedlichen Sollwertvorgaben bzw. unterschiedlichen Werten für die Stellzeit des I-Anteils eines jeweiligen Reglers, d. h. für dessen Integratorsteigung, dargestellt. Die Kurve **31** repräsentiert ein erstes Beispiel eines Reglerstell-signalverlaufs. Dagegen zeigt die Kurve **32** ein Beispiel mit anfänglich stärker steigender Regelabweichung. Wenn nun die Integratorsteigung gemäß der Kurve **31** auch in diesem Fall unverändert beibehalten würde, könnte die Regelabweichung vom Sollwert 0,99 auf z. B. 0,98 nur relativ langsam ausgeregelt werden, wie durch die Kurve **33** repräsentiert. Durch die abhängig von der Regelabweichung vorgenommene Änderung der Integratorsteigung, speziell die Wahl eines mit höherem Regeldifferenzbetrag anwachsenden Steigungsbetrages, lässt sich hingegen im vorliegenden Regelungsbeispiel diese Regelabweichung entsprechend der Kurve **32** um einen Zeitgewinn dt schneller ausregeln.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Brennkraftmaschine mit Regeleinrichtung zur Regelung der Zusammensetzung eines zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches. Baugruppen, deren Funktion äquivalenten Baugruppen aus **Fig. 1** entspricht, weisen einander entsprechende, jedoch mit Strichindex versehene Bezugszeichen auf. Die in der **Fig. 4** dargestellte Brennkraftmaschine **1'** weist den einzelnen Zylindern zugeordnete Regler **10'**, **11'**, **12'** und **13'** auf, die als PD-Regler ausgebildet sind. Dies gestattet im Zusammenwirken mit einer ausreichend rasch ansprechenden Lambdasensorik, z. B. einer Linearsonde oder Einzelsonden für jeden Zylinder, mit einem zeitlichen Auflösungsvermögen im Millisekundenbereich eine hohe Regeldynamik für die Einspritzvorrichtung **3'** als Gemischbildungsvorrichtung und damit eine Einzelverbrennungsregelung, d. h. Änderungen des Istwertes der Abgaszusammensetzung eines Arbeitsspiels können schon für das nächste Arbeitsspiel gegenregelnd berücksichtigt werden. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, jede einzelne Verbrennung in jedem der Zylinder **I'**, **II'**, **III'** und **IV'** spezifisch zu regeln.

Die in der **Fig. 4** dargestellte Viertakt-Brennkraftmaschine **1'** gestattet es, den Einspritzvorgang über die gesamte Dauer des Ansaug-Arbeitstaktes aufgrund der im direkt vorausgegangenen Ausschiebe-Arbeitstakt erfaßten Zusammensetzung des ausgestoßenen Verbrennungsabgases einzustellen. Dabei wird in der Brennkraftmaschine **1'** die Gaslaufzeit von den Zylindern **I'**, **II'**, **III'** und **IV'** zur Abgassonde **7** berücksichtigt und dann die entsprechende Stellgröße für die Einspritzvorrichtung **3'** der Zylinder berechnet, wodurch ein momentaner Einspritzvorgang abhängig von der unmittelbar vorausgehenden Verbrennung korrigiert wird.

Fig. 5 erläutert entsprechend der **Fig. 2** in einem x-y-Diagramm einen möglichen zeitlichen Regelungsverlauf der Abgaszusammensetzung, wie er mittels der Brennkraftmaschine **1'** und zugehöriger Regeleinrichtung **8'** aus **Fig. 4** erzielt werden kann. Auf der y-Achse ist der momentane Lambdawert als Maß für die Abgaszusammensetzung aufgetragen, die x-Achse stellt wiederum eine Zeitachse dar. Wie in **Fig. 2** ist der Einspritzvorgang in die Zylinder **I'**, **II'**, **III'** und **IV'** mittels Bezugszeichen **i'**, **ii'**, **iii'** und **iv'** kenntlich gemacht. Dabei wird die Gemischzusammensetzung für die Zylinder **II'** und **III'** konstant gehalten, hingegen die Gemischzusammensetzung für die Zylinder **I'** und **IV'** für jeden Arbeitstakt im fetten bzw. mageren Bereich entsprechend den Kurven **51** und **52** variiert. Der Mittelwert für die Gemischzusammensetzung der Zylinder **I'** und **IV'** fällt dabei mit den gestrichelten Geraden **53** und **54** zusammen. Somit

wird eine resultierende Abgaszusammensetzung von $\lambda = 1,0$ erzielt. Wie im Fall von **Fig. 2** Fällt die Schwankungsbreite für die Zusammensetzung des Abgases aus den jeweiligen Zylindern, d. h. die Regelamplitude, gegenüber einer konventionellen, nicht zylinderselektiven, langsamen Lambdawert-Regelung, die z. B. entsprechend der mit dem Bezugszeichen **55** verschenen Regelkurve erfolgt, deutlich geringer aus.

Alternative Regelstrategien, wie sie die Brennkraftmaschine **1'** aus **Fig. 4** ermöglicht, sind in den **Fig. 6a** und **6b** dargestellt. Wiederum ist ein Einspritzvorgang in die Zylinder **I'** bis **IV'** mittels Bezugszeichen **i'** bis **iv'** kenntlich gemacht. Gemäß der Regelstrategie von **Fig. 6a** wird die Regelamplitude für die Gemischzusammensetzung beispielsweise in Abhängigkeit von Motorbetriebsparametern durch Ändern einer Fett-Mager-Spreizung, d. h. der Differenz der Lamdasollwerte für mager betriebene Zylinder einerseits und fett betriebene Zylinder andererseits, variiert, um so die thermische Belastung des Katalysators **5'** beeinflussen zu können. Bei zusätzlicher Messung der Temperatur des Katalysators **5'** der in der **Fig. 4** dargestellten Brennkraftmaschine **1'** wird ein Einregeln der gewünschten Katalysatortemperatur mittels geeigneter Fett-Mager-Spreizung möglich. In der Brennkraftmaschine **1'** aus **Fig. 4** kann dazu mittels der Führungsregeleinheit **16'** bzw. der Parameterkennfeldeinheit **17'** ein Regeln entsprechend dem Abgastemperaturmodell (ATM) erfolgen. Wiederum ermöglicht die Vorgabe zylinderselektiver Sollwerte für die Abgaszusammensetzung und insbesondere die Regelstrategie der Fett-Mager-Spreizung das schnelle Anfahren einer günstigen Katalysator-Betriebstemperatur. Bei einer Regelung der Gemischzusammensetzung nach **Fig. 6b** wird eine bestimmte Anzahl von Zylindern zu Fett- oder Magerpaketen zusammengefaßt, die von Arbeitsspiel zu Arbeitsspiel wechselnd im fetten oder mageren Gemischbereich betrieben werden. Auf diese Weise kann ebenfalls die thermische Katalysatorbelastung eingestellt bzw. eingeregelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur zylinderselektiven Regelung eines in einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine (**1**, **1'**) zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Gemisches, bei dem
 - die Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen getrennt sensiert und geregelt werden, dadurch gekennzeichnet, daß
 - die Lambdawerte der einzelnen Zylinder oder Zylindergruppen unter Verwendung eines integrierenden I-Regelungsanteils mit variabler Integratorsteigung und/oder eines differenzierenden D-Regelungsanteils gleichzeitig auf unterschiedliche Sollwerte geregelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in entsprechenden Fett/Mager-Spreizbetriebsphasen die Lambda-Sollwerte für einen ersten Teil der Zylinder im fetten Bereich und für den restlichen, zweiten Teil der Zylinder im mageren Bereich gewählt werden und der Abstand zwischen den beiden Lambda-Sollwerten motorbetriebsabhängig variiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in entsprechenden Betriebsphasen der Lambda-Sollwert für einzelne Zylinder oder für mehrere zu einer Gruppe zusammengefaßte Zylinder von Arbeitsspiel zu Arbeitsspiel wechselnd im fetten und mageren Bereich gewählt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lambdawert eines jeweiligen Zylinders oder einer jeweiligen Zylinder-

gruppe mit einer Proportional-Lambdasonde (7, 7') gemessen wird und die Integratorsteigung einer zugehörigen Lambdawert-Reglereinheit (10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13') mit I-Reglerkomponente in Abhängigkeit von der Regelabweichung des gemessenen Lambdawertes vom zugehörigen Sollwert variabel eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des jeweiligen Lambdawertes ein Einstellen der Gemischzusammensetzung für ein jeweils nächstes Arbeitsspiel des betreffenden Zylinders oder der betreffenden Zylindergruppe in Abhängigkeit von dem im vorangegangenen Arbeitsspiel gemessenen Lambdawert beinhaltet.

6. Mehrzylindrige Brennkraftmaschine, mit

- einer Regleleinrichtung (8, 8') mit mehreren parallelen Reglereinheiten (10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13') zur getrennten Regelung der Lambda- 15
werte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen durch entsprechende Ansteuerung einer einem jeden Zylinder zugeordneten Gemischbildungsvorrichtung und
- einer oder mehrerer Lambdasonden (7, 7') zur Sensierung der Lambdawerte für die verschiedenen Zylinder oder Zylindergruppen,

dadurch gekennzeichnet, daß

25

- die Reglereinheiten (10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13') zur gleichzeitigen Einregelung unterschiedlicher Lambdasollwerte für die verschiedenen Zylinder oder Zylindergruppen eingerichtet sind und eine I-Reglerkomponente mit variabler Integrator- 30
steigung und/oder eine D-Reglerkomponente aufweisen.

7. Mehrzylindrige Brennkraftmaschine nach An- spruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß

- die wenigstens eine Lambdasonde (7, 7') eine 35
Proportionalmeßsonde ist und
- die jeweilige Reglereinheit (10, 10', 11, 11', 12, 12', 13, 13') eine I-Reglerkomponente mit in Ab- hängigkeit von der zugehörigen Lambdawert-Re- 40
gelabweichung variabel einstellbarer Integrator- steigung aufweist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65









